

X-ray exposure system for 3D imaging

Patent Number: ☐ US6139183

Publication date: 2000-10-31

Inventor(s): GRAUMANN RAINER (DE)

Applicant(s): SIEMENS AG (DE)

Requested Patent: ☐ DE19746092

Application Number: US19980174159 19981016

Priority Number(s): DE19971046092 19971017

IPC Classification: H05G1/02

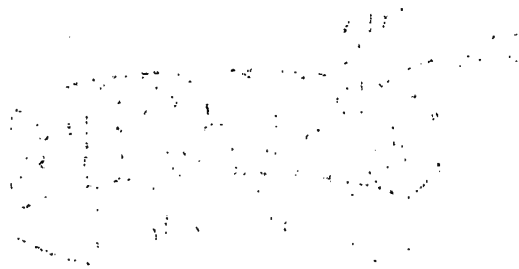
EC Classification: A61B6/00B8, G01N23/04D, G03B42/02S

Equivalents: ☐ JP11192219

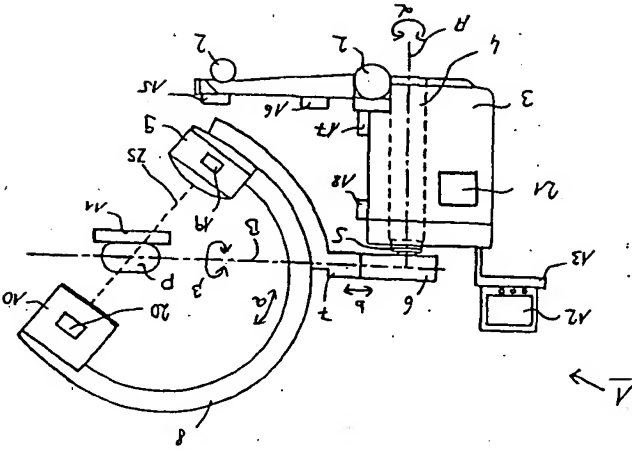
Abstract

An X-ray exposure system has a mobile X-ray apparatus with an X-ray source and an X-ray receiver that are adjustable relative to a subject for registering successive 2D projections of the subject from different projection directions, an arrangement disposed outside the beam path of the X-ray beam emanating from the X-ray source for directly determining the projection geometries of the X-ray source and of the X-ray receiver at the points in time of the individual 2D projections, and a computer supplied with signals from the arrangement for the direct determination of the projection geometries, which reconstructs 3D images of the subject from the 2D projections.

Data supplied from the esp@cenet database - 12



(57) Röntgenaufnahmeeinrichtung aufweisend ein mobiles Röntgengerät (1) mit einer Röntgenstrahlquelle (9) und einem Röntgenstrahlensammler (10), welche zur Aufnahme aufeinanderfolgender 2D-Projektionen von einem Objekt (P) aus unterschiedlichen Projektionsrichtungen Strahlenganges eines von der Röntgenstrahlquelle (9) ausgehenden Röntgenstrahlbündels angeordnete unmittelbare Mittel (15 bis 20) zur Erfassung der Projektionsgeometrien der Röntgenstrahlquelle (9) und des Röntgenstrahlensammlers (10) zu den Zeitpunkten der einzelnen 2D-Projektionen und Mittel (21) zur Rekonstruktion von 3D-Bildern des Objektes (P) aus den 2D-Projektionen.



Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen
 Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt
 (54) Röntgenaufnahmeeinrichtung zur 3D-Bildgebung
 (57)

(71) Anmelder: Siemens AG, 80333 München, DE
 (72) Erfinder: Graumann, Rainer, Dr., 91315 Höchstadt, DE

(56) Entgegenhaltungen:

DE 1 95 35 583 A1
 DE 1 95 12 819 A1
 DE 36 04 955 A1
 US 51 09 397

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND
 DEUTSCHES PATENT- UND MARKENAMT



(21) Aktenzeichen: 197 46 092.5
 (22) Anmeldetag: 17. 10. 97
 (43) Offenlegungstag: 6. 5. 99

(10) DE 197 46 092 A 1
 (12) Offenlegungsschrift

(51) Int. Cl. G 01 N 23/04
 A 61 B 6/02
 G 03 B 42/02



Die Erfindung betrifft eine Röntgenaufnahmeeinrichtung aufweisend einen Röntgenstrahleneempfänger, welche zur Aufnahme aufeinanderfolgender 2D-Projektionen von einem Objekt aus unterschiedlichen Projektionsrichtungen relativ zu dem Objekt verschiebbar sind, und Mittel zur Rekonstruktion von 3D-Bildern des Objektes aus den 2D-Projektionen. Röntgenaufnahmeeinrichtungen der eingangs genannten Art weisen in der Regel Röntgengeräte auf, welche zur Aufnahme der Röntgenstrahlenquelle und des Röntgenstrahleneempfängers mit einem C-Bogen versehen sind, welcher derart an dem Röntgengerät in einem bestimmten Winkelbereich längs seines Umranges in einem bestimmten Winkelbereich motorisch verschiebbar ist (Orbitalbewegung). Zur Gewinnung von 2D-Projektionen aus unterschiedlichen Projektionsrichtungen für die Rekonstruktion von 3D-Bildern, beispielsweise einer Region eines Objektes, mit Hilfe des C-Bogen-Röntgengerätes wird der C-Bogen nach entsprechender Platzierung relativ zu dem zu untersuchenden Objekt bei der Aufnahme der 2D-Projektionen von der Region des Objektes längs seines Umranges versetzt. Aus den während der Verschiebbewegung des C-Bogens mit der Röntgenstrahlenquelle und dem Röntgenstrahleneempfänger aufgenommenen 2D-Projektionen werden anschließend 3D-Bilder der Region des Objektes rekonstruiert. Die Rekonstruktion von 3D-Bildern setzt allerdings die genaue Kenntnis der Projektionsgeometrien, d. h. die genaue Kenntnis der Positionen der Röntgenstrahlenquelle und des Röntgenstrahleneempfängers und des Projektionswinkels während jeder der einzelnen 2D-Projektionen voraus. Als problematisch erweist sich, daß bekannte C-Bogen-Röntgengeräte mechanische Instabilitäten, insbesondere die Verstellung des C-Bogens längs seines Umranges betreffend, aufweisen, wodurch Abweichungen der realen Verschiebbewegung des C-Bogens von der idealen Verschiebbewegung auftreten. Die Bestimmung der Projektionsgeometrien ist daher häufig mit Fehlern behaftet, worunter die Qualität der aus den 2D-Projektionen rekonstruierten 3D-Bilder leidet. Aus der DE 195 12 819 A1 ist beispielsweise ein Röntgencomputertomograph zur 3D-Bildgebung bekannt, der eine Röntgenstrahlenquelle aufweist, die ein Meßfeld durchdringt, in dem Meßfeld angeordnetes, zu untersuchendes Objekt wird von dem Röntgenstrahlenbündel durchdrungen, das auf einen flächenhaften Detektor auftritt, dessen Ausgangssignale einem Rechner zur Rekonstruktion von 3D-Bildern des Objektes zugeführt werden. Zur Ermittlung der zur Rekonstruktion von 3D-Bildern erforderlichen Projektionsgeometrien der Röntgenstrahlenquelle und des Detektors zum Zeitpunkt der einzelnen 2D-Projektionen sind zwei mit Metallstrukturen versehene Ringe vorgesehen, die oberhalb und unterhalb der zu untersuchenden Region des Objektes angeordnet sind. In den 2D-Projektionen der zu untersuchenden Region sind die Metallstrukturen der Ringe sichtbar, so daß aus deren Positionen die jeweiligen Projektionsgeometrien der 2D-Projektionen berechenbar sind. Dieses Verfahren zur Bestimmung der Projektionsgeometrien hat jedoch den Nachteil, daß die Ringe einen relativ großen Durchmesser aufweisen, so daß der Abstand zwischen der Röntgenstrahlenquelle und den Ringen sehr klein ist (wenige Zentimeter). Die Metallstrukturen werden daher mit sehr großer Vergrößerung in den 2D-Projektionen abgebildet, so daß große Teile der 2D-Projektionen von den Metallstrukturen überlagert sind. Des weiteren wird nur ein kleiner Bereich der Metallstrukturen der Ringe in den 2D-Projektionen abgebildet, so daß die Bestimmung der Projektionsgeometrien anhand der geringen Anzahl von abgebildeten Metallstrukturen schwierig ist. Ein weiterer Nachteil dieser Vorgehensweise zur Bestimmung der Projektionsgeometrien liegt in dem zur Abbildung der Ringe erforderlichen vergrößerten Öffnungswinkel des Röntgenstrahlenbündels, wodurch der Patient einer erhöhten Strahlendosis ausgesetzt wird. Darüber hinaus hat der bekannte Röntgencomputertomograph den Nachteil, daß er für Anwendungen in Operationsräumen ungeeignet ist, weil er ortsfest ausgeführt ist und bei von dem Röntgencomputertomograph getrennt ausgeführter Patienteneinlage für zeitkritische OP-Anwendungen lange, nicht verteilbare Zeiten zur definierten Ausrichtung der mit der Patienteneinlage verbundenen Ringe zu dem Röntgencomputertomograph erforderlich sind. Eine genaue Ermittlung der Projektionsgeometrien ist nämlich nur dann möglich, wenn die Ringe und der Computertomograph definiert zueinander ausgerichtet sind. Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Röntgenaufnahmeeinrichtung derart einzurichten, daß die Röntgenaufnahmeeinrichtung für die 3D-Bildgebung flexibel einsetzbar ist und die Strahlendosis für den Patienten reduziert ist. Nach der Erfindung wird diese Aufgabe gelöst durch eine Röntgenaufnahmeeinrichtung aufweisend ein mobiles Röntgengerät mit einer Röntgenstrahlenquelle und einem Röntgenstrahleneempfänger, welche zur Aufnahme aufeinanderfolgender 2D-Projektionen von einem Objekt aus unterschiedlichen Projektionsrichtungen relativ zu dem Objekt verschiebbar sind, außerhalb des Strahlenanges eines von der Röntgenstrahlenquelle ausgehenden Röntgenstrahlenbündels angeordnete unmittelbare Mittel zur Erfassung der Projektionsgeometrien der Röntgenstrahlenquelle und des Röntgenstrahleneempfängers zu den Zeitpunkten der einzelnen 2D-Projektionen und Mittel zur Rekonstruktion von 3D-Bildern des Objektes aus den 2D-Projektionen. Die Erfindungsgemäße Ausführung der Röntgenaufnahmeeinrichtung unterscheidet sich von der Röntgenaufnahmeeinrichtung eines Röntgenstrahleneempfängers aufweisenden Röntgensystems, in dem Objekt verschiebbare eine Röntgenstrahlenquelle und eine anderfolgende 2D-Projektionen mit einem relativ zu einer mobilen Röntgenstrahlenquelle zur Aufnahme aufgenommene Röntgenstrahlenbündel auszuführen, welche aus den 2D-Projektionen der 3D-Bildgebung. Die unmittelbaren Mittel zur Erfassung der Projektionsgeometrien, welche aufgrund von bei der Verstellung des Röntgensystems aufstehenden mechanischen Instabilitäten mobiler Röntgengeräte erforderlich sind, sind dabei in vorteilhafter Weise außerhalb des Strahlenanges des Röntgenstrahlenbündels angeordnet. Da die Mittel zur Erfassung der Projektionsgeometrien also nicht in Röntgenbildern abgebildet werden müssen, ist auch keine Vergrößerung des Öffnungswinkels des Röntgenstrahlenbündels wie bei dem bekannten Röntgencomputertomographen notwendig, wodurch die Strahlenbelastung für ein radiologisch zu untersuchendes Objekt vermindert ist. Unter unmittelbaren Mitteln zur Erfassung der Projektionsgeometrien werden den dabei keine an dem Röntgenstrahleneempfänger vorhandene Mittel, beispielsweise Positionsgesgeber des Röntgenstrahleneempfängers, welche aufgrund der erwünschten Instabilitäten bei der Verstellung der Röntgenstrahlenquelle und des Röntgenstrahleneempfängers nicht in der Lage wären, die Positionen der Röntgenstrahlenquelle und des Röntgenstrahleneempfängers exakt zu ermitteln. Vielmehr handelt es sich bei den unmittelbaren Mitteln zur Erfassung der Positionen der Röntgenstrahlenquelle und des Röntgenstrahleneempfängers gemäß einer

β, Angulationsbewegung) und in Richtung der Achse B verschleift (vgl. Doppelfeile b) an dem Halter 6 gelagert. Mit Hilfe der Hubvorrichtung 4 ist die C-Bogen 8, der Halter 7 und das Halteile 6 mit der Säule 5 der Hubvorrichtung 4 verbunden ist, relativ zu dem Gerätewagen 3 vertikal verstellbar.

Das C-Bogen-Röntgengerät 1 ist im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels zur Erzeugung von 3D-Bildern eines Körperbereiches eines in der Figur nur schematisch dargestellten, auf einer Patienteneinlage II liegenden Patienten P vorgesehen. Die 3D-Bilder werden aus 2D-Projektionen des Körperbereiches aus unterschiedlichen Projektionsrichtungen, welche mit Hilfe der Röntgenstrahlenquelle 9 und des Röntgenstrahleneempfängers 10 gewonnen werden, rekonstruiert und sind mittels eines Monitors 12, welcher auf einem Halter 13 des C-Bogen-Röntgengerätes 1 angeordnet ist, darstellbar.

Zur Aufnahme von 2D-Projektionen aus unterschiedlichen Projektionswinkeln wird der C-Bogen 8 längs seines Umfanges in Richtung des Doppelfeiles a in einem Winkelbereich von ca. 200° um den zu untersuchenden und bildlich darzustellenden Körperbereich des Patienten P motorisch verstellt, wobei während der Verstellbewegung ca. 50 bis 100 2D-Projektionen von dem Körperbereich des Patienten P aus unterschiedlichen Projektionsrichtungen aufgenommen werden.

Da, wie bereits eingangs erwähnt, C-Bogen-Röntgengeräte mechanische Instabilitäten, insbesondere bei der Ver-

stellung des C-Bogens längs seines Umfanges, aufweisen, sind zur exakten Ermittlung der unterschiedlichen Projektionsgeometrien der 2D-Projektionen außerhalb des Strahlenbogens eines von der Röntgenstrahlenquelle 9 ausgehenden Röntgenstrahleneinblendes angeordnete unmittelbare Mittel zur Erfassung der Projektionsgeometrien der Röntgenstrahlenquelle 9 und des Röntgenstrahleneempfängers 10 zu den Zeitpunkten der einzelnen 2D-Projektionen vorgesehen. Im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels handelt es sich bei den Mitteln zur Erfassung der Projektionsgeometrien um Sendeeinrichtungen, die an Komponenten des C-Bogen-Röntgengerätes 1 angeordnet sind. Das C-Bogen-Röntgengerät 1 weist mehrere an dem in bezug auf den C-Bogen 8 stationären Gerätewagen 3 angeordnete Empfangseinrichtungen 15 bis 18 auf. Die Röntgenstrahlenquelle 9 sowie der Röntgenstrahleneempfänger 10 sind im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels jeweils mit einer Sendeeinrichtung 19, 20 versehen, welche bei der Verstellung des C-Bogens 8 längs seines Umfanges mit der Röntgenstrahlenquelle 9 und dem Röntgenstrahleneempfänger 10 mitbewegt werden.

Eine Steuer- und Recheneinheit 21 des C-Bogen-Röntgengerätes 1, welche sowohl die motorische Verstellung des C-Bogens 8 steuert als auch die Aufnahme von 2D-Projektionen auslöst, steuert auch die Auslösung von Signalen der Sendeeinrichtungen 19, 20, welche jeweils gleichzeitig mit der Auslösung einer 2D-Projektion erfolgt. Anhand der mittels der Empfangseinrichtungen 15 bis 18 empfangenen Signale, welche zum Zeitpunkt der Auslösung einer 2D-Projektion jeweils von den Sendeeinrichtungen 19, 20 abgestrahlt werden, können mittels der Steuer- und Recheneinheit 21 für jede 2D-Projektion die Projektionsgeometrien der Röntgenstrahlenquelle 9 und des Röntgenstrahleneempfängers 10 ermittelt werden. Die von den Empfangseinrichtungen 15 bis 18 empfangenen Signale werden dabei direkt der Steuer- und Recheneinheit 21 zur Ermittlung der Projektionsgeometrien der Röntgenstrahlenquelle 9 und des Röntgenstrahleneempfängers 10 zugeführt. Die derart ermittelten Projektionsgeometrien werden anschließend zur Rekonstruktion von 3D-Bildern von Körperbereichen des Pa-

Varianten der Erfindung, um Sendeeinrichtungen und Empfangseinrichtungen, die die Positionen der Röntgenstrahlenquelle und des Röntgenstrahleneempfängers für jede Aufnahme einer 2D-Projektion, gemäss einer Variante der Erfindung umfassen die Mittel zur Rekonstruktion von 3D-Bildern eine mit den Mitteln zur Erfassung der Positionen der Röntgenstrahlenquelle und des Röntgenstrahleneempfängers zusammenwirkende Steuer- und Recheneinheit. Die Steuer- und Recheneinheit ermittelt vorzugsweise die Positionen der Röntgenstrahlenquelle und des Röntgenstrahleneempfängers für jede der 2D-Projektionen und verwendet die ermittelten Positionen im Anschluß zur Rekonstruktion von 3D-Bildern aus den 2D-Projektionen.

Eine weitere Variante der Erfindung steht vor, daß das Röntgengerät, der Röntgenaufnahmeeinrichtung einen, die Röntgenstrahlenquelle und den Röntgenstrahleneempfänger aufnehmenden Bogen und einen Halter des Bogens aufweist, wobei der Bogen längs seines Umfanges verschleiftlich an dem Halter gelagert ist. Das Röntgengerät der Röntgenaufnahmeeinrichtung kann also ein an sich bekanntes C-Bogen-Röntgengerät sein, welches mit entsprechenden Mitteln zur Rekonstruktion von 3D-Bildern und unmittelbaren Mitteln zur Erfassung der Positionen der Röntgenstrahlenquelle und des Röntgenstrahleneempfängers zu den Zeitpunkten der einzelnen 2D-Projektionen versehen ist. Das Zurückgreifen auf ein an sich bekanntes Röntgengerät für die Röntgenaufnahmeeinrichtung, welches mit den vorstehend erwähnten Mitteln, versehen ist, ermöglicht, die Gesamtkosten einer derartigen Röntgenaufnahmeeinrichtung gering zu halten.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der beigefügten schematischen Zeichnung dargestellt, welche eine Erfindungsvariante zeigt.

Das in der Figur dargestellte C-Bogen-Röntgengerät 1 weist einen auf Rädern 2 verfahrbaren Gerätewagen 3 mit einer nur schematisch angedeuteten Hubvorrichtung 4 auf. Die Hubvorrichtung 4 ist mit einer Längsachse A aufweisenden Säule 5, um die die Säule 5 in Richtung des Doppelfeiles a drehbar ist, versehen. An der Säule 5 ist ein Halteile 6 angeordnet, an dem wiederum ein Halter 7 zur Lagerung eines C-Bogens 8 angeordnet ist. Der C-Bogen 8 weist an seinen beiden Enden einander gegenüberliegende eine Röntgenstrahlenquelle 9 und einen Röntgenstrahleneempfänger 10 auf, welche derart relativ zueinander angeordnet sind, daß ein von der Röntgenstrahlenquelle 9 ausgehender Zentralstrahl 25 eines Röntgenstrahlenbündels annähernd mittig auf den Röntgenstrahleneempfänger 10 trifft. Der C-Bogen 8 ist in an sich bekannter Weise in Richtung des Doppelfeiles a längs seines Umfanges in nicht näher dargestellter Weise motorisch oder manuell verstellbar an dem Halter 7 gelagert (Orbitalbewegung). Der Halter 7 ist in an sich bekannter Weise um eine gemeinsame Achse B drehbar (Doppelfeile 6 und des Halter 7 drehbar (vgl. Doppelfeile 1).

tionen P herangezogen, welche, wie bereits erwähnt, auf dem Monitor 12 des C-Bogen-Röntgengerätes 1 bildlich darstellbar sind.

Die Signaleinheiten der Steuer- und Recheneinheit 21 zur Übertragung der Steuerungssignale für die motorische Verstellung des C-Bogens 8, die Auslösung von 2D-Projektionen, die Auslösung von Signalen durch die Sendeeinrichtungen 19, 20 sowie zur Übernahme der durch die Empfangseinrichtungen 15 bis 18 empfangenen Signale sind in der Figur im übrigen nicht dargestellt.

Die Anzahl der zur Positionsbestimmung der Röntgenstrahlenquelle 9 und des Röntgenstrahleneempfängers 10 vorgesehenen Sendeeinrichtungen und Empfangseinrichtungen übrigen von der im vorliegenden Ausführungsbeispiel verwendeten Anzahl abweichen.

Des weiteren ist die Anbringung der Sendeeinrichtungen und Empfangseinrichtungen an dem C-Bogen-Röntgengerät 1 nur exemplarisch zu verstehen und kann auch anders ausgeführt sein. Insbesondere können die Empfangseinrichtungen auch an der Röntgenstrahlenquelle 9 und dem Röntgenstrahleneempfänger 1 und die Sendeeinrichtungen an dem C-Bogen-Röntgengerät 1 und dem Röntgenstrahleneempfänger 10 angeordnet sein. Als Sendeeinrichtungen können beispielsweise Sender und Empfänger vorgesehen sein, die auf Basis von Schallwellen, z. B. Ultraschall, oder elektromagnetischer Wellen, beispielsweise Mikrowellen oder Licht, arbeiten.

Der Vorteil der erfindungsgemäßen Röntgenaufnahmeeinrichtung mit dem mobilen C-Bogen-Röntgengerät 1, den Sendeeinrichtungen 19, 20 und den Empfangseinrichtungen 15 bis 18 liegt darin, daß die Röntgenaufnahmeeinrichtung ortsunabhängig also beispielsweise auch in Operationssälen zur 3D-Bildgebung einsetzbar ist, wobei langwierige Ausrichtungsvorgänge zwischen dem C-Bogen-Röntgengerät und dem Mittel zur Erfassung der Projektionsgeometrien durch die erfindungsgemäße Ausrichtung vermieden sind. Zudem sind keine Abbildungen von röntgenpositiven Marken in den 2D-Projektionen zur Ermittlung der Projektionsgeometrien erforderlich, so daß der Öffnungswinkel des Röntgenstrahlenbündels nicht größer als unbedingt zur Abbildung des relevanten Körperbereichs des Patienten P erforderlich ist, wodurch die Strahlendosis für den Patienten P reduziert ist.

Die Mittel zur Erfassung der Projektionsgeometrien müssen im übrigen nicht notwendigerweise Sendeeinrichtungen aufweisen, sondern können auch andere angeordnete Mittel umfassen, die die Ermittlung der Projektionsgeometrien ermöglichen.

Patentansprüche

1. Röntgenaufnahmeeinrichtung aufweisend ein mobiles Röntgengerät (1) mit einer Röntgenstrahlenquelle (9) und einem Röntgenstrahleneempfänger (10), welche zur Aufnahme aufeinanderfolgender 2D-Projektionen von einem Objekt (P) aus unterschiedlichen Projektionsrichtungen relativ zu dem Objekt (P) verstellbar sind, außerhalb des Strahlenganges eines von der Röntgenstrahlenquelle (9) ausgehenden Röntgenstrahlenbündels angeordnete unmittelbare Mittel (15 bis 20) zur Erfassung der Projektionsgeometrien der Röntgenstrahlenquelle (9) und des Röntgenstrahleneempfängers (10) zu den Zeitpunkten der einzelnen 2D-Projektionen und Mittel (21) zur Rekonstruktion von 3D-Bildern des Objektes (P) aus den 2D-Projektionen.
2. Röntgenaufnahmeeinrichtung nach Anspruch 1, bei der die Mittel zur Erfassung der Projektionsgeometrien der Röntgenstrahlenquelle (9) und des Röntgenstrahleneempfängers (10) aufweisend ein mobi-

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

1. Röntgenaufnahmeeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der das Röntgengerät (1) einen Röntgenstrahleneempfänger (10) aufweist, wobei der Bogenhalter (7) des Bogens (8) aufweisend einen Röntgenstrahleneempfänger (10) aufweist, wobei der Bogenhalter (7) des Bogens (8) aufweisend einen Röntgenstrahleneempfänger (10) aufweist.
2. Röntgenaufnahmeeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der das Röntgengerät (1) einen Röntgenstrahleneempfänger (10) aufweist, wobei der Bogenhalter (7) des Bogens (8) aufweisend einen Röntgenstrahleneempfänger (10) aufweist, wobei der Bogenhalter (7) des Bogens (8) aufweisend einen Röntgenstrahleneempfänger (10) aufweist.
3. Röntgenaufnahmeeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der das Röntgengerät (1) einen Röntgenstrahleneempfänger (10) aufweist, wobei der Bogenhalter (7) des Bogens (8) aufweisend einen Röntgenstrahleneempfänger (10) aufweist, wobei der Bogenhalter (7) des Bogens (8) aufweisend einen Röntgenstrahleneempfänger (10) aufweist.
4. Röntgenaufnahmeeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der das Röntgengerät (1) einen Röntgenstrahleneempfänger (10) aufweist, wobei der Bogenhalter (7) des Bogens (8) aufweisend einen Röntgenstrahleneempfänger (10) aufweist, wobei der Bogenhalter (7) des Bogens (8) aufweisend einen Röntgenstrahleneempfänger (10) aufweist.

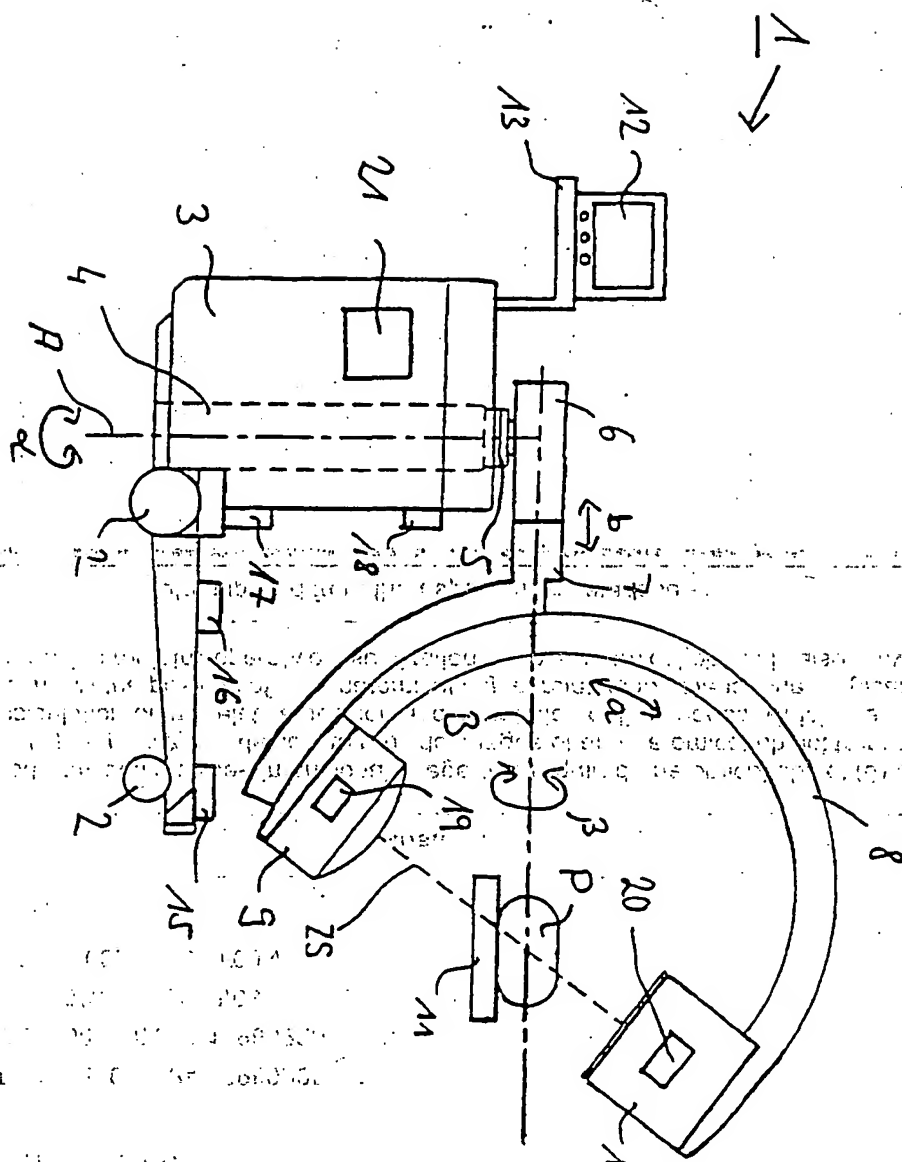


FIG. 1